

NECESSIDADE DE CALAGEM E A SATURAÇÃO DE BASES DO SOLO¹

FRANCISCO JOSÉ DE ALBUQUERQUE CAVALCANTI²

RESUMO - A partir de resultados obtidos com amostras de solo provenientes da Zona da Mata de Pernambuco, foram estabelecidas correlações entre os valores para o pH e a saturação de bases. Tais resultados variaram, para a saturação de bases, de 8,59 a 88,29%, enquanto as leituras para o pH-H₂O ficaram compreendidas entre 4,0 e 6,5, e para o pH-CaCl₂ 0,01M, entre 3,5 e 6,1. As equações de regressão linear ajustadas aos dados, juntamente com as modificações propostas a um dos critérios de calagem em uso, tornaram possível a estimativa da quantidade de CaCO₃ requerida para se obter uma dada saturação de bases, em função, apenas, do pH e da soma de bases.

Termos para indexação: acidez do solo, pH-H₂O, pH-CaCl₂ 0,01 M.

LIME REQUIREMENTS AND SOIL BASE SATURATION

ABSTRACT - By the results obtained from soil samples of the Zona da Mata region in Pernambuco State, Brazil, correlations between pH values and base saturation were established. Such results provided a wide range of values for base saturation: -8.59 to 88.29%, for pH (H₂O): -4.0 to 6.5, and finally, for pH (CaCl₂ 0.01M): between 3.5 to 6.1. The linear regression equations derived from the adjusted data associated to the proposal changes in one of the recommended procedures for lime requirements allowed the estimate of the amount of CaCO₃ necessary for a given base saturation value, taking into account only the pH and the sum of bases.

Index terms: soil acidity, pH (H₂O), pH (CaCl₂ 0.01M).

INTRODUÇÃO

A acidificação do solo resulta da remoção de cátions básicos do seu complexo de troca. Os ânions responsáveis pela lixiviação dessas bases surgem no solo pela mineralização da matéria orgânica, dissociação de CO₂, ou transformação de fertilizantes acidificantes (Raij 1981).

Sob condições ácidas, o Al passa à solução do solo, e, devido à sua alta relação carga/raio iônico, acha-se sempre circundado por seis moléculas de água, conforme indicado pela fórmula $(Al(H_2O)_6)^{3+}$. Com a remoção de íons de H da solução o valor do pH cresce, enquanto o Al trocável vai sendo hidrolisado, resultando em $(Al(H_2O)_5OH)^{2+}$ e $(Al(H_2O)_4(OH)_2)^+$.

Esses monômeros de Al, não estando sujeitos à quelação pela matéria orgânica do solo, são polimerizados nas superfícies dos minerais de argila, não mais fazendo parte da acidez trocável do solo (Mc Lean 1973). Dependendo da elevação do pH, poderá ocorrer a completa hidrólise do Al na forma de $Al(OH)_3 \cdot 3H_2O$. Segue-se a cristalização do hidróxido então formado, originando a gibbsita, que tornará a liberar Al para a solução do solo, tão logo ocorra a sua acidificação (Quaggio 1986).

Na prática, a neutralização do Al trocável e dos íons de H dissociados é feita pela aplicação de corretivos em quantidades que dependem dos valores encontrados para o pH, Al^{3+} , $Ca^{2+} + Mg^{2+}$, H^+ ou saturação de bases do solo.

Em Pernambuco, a avaliação da necessidade de calagem vem sendo feita com base nos teores de Al^{3+} ou Ca^{2+} mais Mg^{2+} (Comissão Estadual de Fertilidade do Solo 1980), apesar de já se dispor, em outras regiões, de critérios

¹ Aceito para publicação em 24 de outubro de 1989.

² Eng.-Agr. Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária-IPA, Caixa Postal 1022, CEP 50751, Recife, PE. Bolsista CNPq.

cujos resultados se aproximam bem mais dos obtidos pelos ensaios de incubação do solo com CaCO_3 . Dentre tais critérios, encontra-se o de Catani & Gallo (1955), que se fundamenta na elevação do pH do solo mediante o emprego, em t/ha e a 15 cm, de uma quantidade de calcário numericamente igual à diferença entre as somas de bases desejada e inicial ($S_2 - S_1$), em meq/100 cm^3 .

Através de uma equação de regressão linear, previamente ajustada, estes autores inicialmente estimaram, em função do pH- H_2O desejado, a respectiva saturação de bases (V_2). A seguir, calcularam o valor de $S_2 - S_1$ de tal modo, que, na prática, equivalia a terem feito $S_2 = v_2 \times \text{CTC}$ e $S_1 = v_1 \times \text{CTC}$, sendo v_1 e v_2 os valores unitários para V_1 e V_2 , respectivamente.

$$\text{Necessidade de calagem (N.C.)} = \text{CTC} (v_2 - v_1) \quad (1)$$

Ainda no trabalho de Catani & Gallo (1955), foi sugerida a possibilidade do cálculo da N.C. por meio das estimativas para v_1 e v_2 e do resultado do $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$, dispensando-se, pois, o conhecimento do valor para a soma de bases. A fórmula por eles apresentada (2) pode ser facilmente obtida, substituindo-se em (1) CTC por $(\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}) / (1 - v_1)$, uma vez que $\text{CTC} = S_1 + (\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})$ e $S_1 = v_1 \times \text{CTC}$.

$$\text{N.C.} = \left(\frac{\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}}{1 - v_1} \right) (v_2 - v_1) \quad (2)$$

Visando avaliar a necessidade de calagem para a Zona da Mata de Pernambuco, através da estimativa para o valor da saturação de bases inicial (v_1), procurou-se estabelecer equações que pudessem fornecer esses valores a partir do pH em água ou em CaCl_2 0,01M.

MATERIAL E MÉTODOS

Das amostras de solo procedentes da Zona da Mata de Pernambuco, que regularmente são encaminhadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária - IPA -, foram selecionadas as que puderam propor-

cionar, para uma dada faixa de pH em água, diversos valores para a capacidade de troca de cátions e percentagem de saturação de bases do solo.

Segundo metodologia proposta por EMBRAPA (1979), foram determinados, para cada uma das 89 amostras de solo utilizadas, o pH em água, pH em CaCl_2 0,01M, Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, Al^{3+} e $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$. Em seguida foram calculados os valores para a CTC e V (Tabela 1).

A partir desses resultados, foi ajustada, inicialmente, uma equação de regressão linear para se obter a saturação de bases através do pH em água. No intuito de se conseguir uma melhor correlação, efetuou-se também uma análise de regressão envolvendo os dados para pH- CaCl_2 0,01M, determinação, essa, realizada com vistas a reduzir a variação nas concentrações dos sais presentes no solo, e, conseqüentemente, seus efeitos nas leituras do pH (McLean 1973).

Para que o cálculo da dose de calcário necessária à obtenção da saturação de bases desejada (v_2) possa ser efetuado de maneira ainda mais simples, fez-se uma modificação na fórmula (2), de modo a se depender da soma de bases, inicial, ao invés do $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Da maneira pela qual, foi conduzida, a seleção de amostras de solo permitiu a obtenção de resultados com vasta amplitude de variação. Tanto assim, que são encontrados, para o pH em água, valores compreendidos entre 4,0 e 6,5, e, para pH em CaCl_2 , entre 3,5 e 6,1. Quanto à CTC, pode-se constatar uma variação de 3,26 a 17,64 meq/100 cm^3 , enquanto para a saturação de bases, os dados se situam entre 8,59 e 88,29% (Tabela 1).

Na Tabela 1 verifica-se que, em quase 90% das amostras, os valores para a CTC não ultrapassam a 10 meq/100 cm^3 , e que cerca de metade dos valores obtidos para a saturação de bases são inferiores a 35%. Verifica-se, ainda, que para as leituras do pH- CaCl_2 houve, em média, um decréscimo de 0,58 unidade em relação às leituras do pH em água, diferença, essa, que se assemelha à obtida por Emami & Almeida (1986) para solos do estado de Santa Catarina.

TABELA 1. Leitura de pH e valores para a CTC, em meq/100 cm³, e percentagem de saturação em bases (V), em amostras de solo da Zona da Mata de Pernambuco.

Município	pH		CTC	V
	H ₂ O	CaCl ₂		
Água Preta	4,0	3,5	9,60	9,79
Água Preta	4,0	3,5	10,33	11,41
Água Preta	4,0	3,5	5,19	15,79
J. Nabuco	4,0	3,6	8,89	14,62
Água Preta	4,1	3,6	8,03	17,80
Água Preta	4,2	3,7	6,60	18,77
J. Nabuco	4,2	3,7	7,64	21,21
Cabo	4,2	3,7	6,84	10,67
Rio Formoso	4,2	4,0	6,52	18,71
Serinhaém	4,2	3,6	8,49	8,59
Paulista	4,3	3,7	4,37	15,10
Escada	4,3	3,6	7,93	9,21
Jaboatão	4,3	3,6	9,29	12,92
Serinhaém	4,3	3,8	8,06	24,94
Rio Formoso	4,3	3,6	9,07	19,07
São L. da Mata	4,3	3,9	8,80	10,91
Palmares	4,4	3,9	7,95	14,84
Palmares	4,4	4,0	6,64	22,89
Paulista	4,4	3,6	5,53	10,49
Ribeirão	4,4	3,8	7,71	13,36
Camaragibe	4,5	4,1	5,92	16,39
S.J. da C. Grande	4,5	3,6	6,16	16,86
Cabo	4,5	4,4	7,60	15,26
Abreu e Lima	4,5	3,8	6,16	18,51
Rio Formoso	4,5	4,0	9,49	25,18
Água Preta	4,5	3,8	9,86	12,17
Palmares	4,6	4,1	4,47	18,79
Água Preta	4,6	4,1	6,18	30,58
Água Preta	4,6	4,1	8,27	18,14
Palmares	4,6	4,3	4,75	33,89
Maraial	4,6	3,8	5,75	15,30
Vitória de S. Antão	4,7	4,1	8,57	24,85
Água Preta	4,7	3,8	8,27	17,17
J. Nabuco	4,7	4,0	8,45	23,79
Cabo	4,7	3,9	8,59	22,00
Ribeirão	4,7	3,9	6,86	25,66
Palmares	4,8	4,5	4,01	34,16
Buenos Aires	4,8	4,3	5,91	38,58
Vitória de S. Antão	4,8	4,4	5,52	25,18
Palmares	4,8	4,4	7,97	23,34
J. Nabuco	4,8	4,4	5,68	33,10
Vitória S. Antão	4,9	4,1	9,97	38,71
Palmares	4,9	4,2	6,69	26,01
Rio Formoso	4,9	4,3	7,02	31,77
Itambé	4,9	4,1	14,82	32,52
Igarassú	5,0	4,4	5,53	34,24
Água Preta	5,0	4,4	5,01	37,33
Vitória de S. Antão	5,0	4,3	7,13	37,45
Itambé	5,1	4,4	12,85	37,04
Maraial	5,1	4,5	4,68	32,91
Água Preta	5,1	4,5	6,16	38,31
Buenos Aires	5,2	4,5	5,72	36,54
Vitória de S. Antão	5,2	4,4	9,22	42,73
Itambé	5,2	4,5	14,18	37,16
Itambé	5,2	4,6	17,64	41,04
São L. da Mata	5,2	4,3	4,84	35,12
Palmares	5,2	4,4	9,96	33,73
Vitória de S. Antão	5,3	4,6	3,26	39,26
Buenos Aires	5,3	4,6	4,66	46,78
Água Preta	5,4	4,7	7,03	48,36
Itambé	5,4	4,6	6,80	44,12
Palmares	5,4	4,9	9,97	47,04
Palmares	5,4	4,7	8,81	41,88
Palmares	5,5	4,8	5,30	40,75
Chã de Alegria	5,5	4,8	5,64	53,19
Itambé	5,5	4,8	14,86	46,70
Buenos Aires	5,6	5,0	6,06	56,44
Água Preta	5,6	5,1	7,02	56,39
Gameleira	5,6	5,1	8,83	51,42
L. Itaenga	5,7	5,3	6,03	67,16
Palmares	5,7	5,4	9,12	58,33
Carpina	5,7	5,0	10,75	58,12
Condado	5,8	5,1	7,42	59,97
Goiana	5,8	5,2	13,94	56,17
Água Preta	5,8	5,1	7,06	55,52
Água Preta	5,9	5,3	6,68	57,93
Buenos Aires	6,0	5,7	4,84	62,40
Vitória de S. Antão	6,0	5,6	4,31	69,37
Gameleira	6,0	5,7	8,80	73,75
Água Preta	6,1	5,7	8,26	69,98
Rio Formoso	6,2	5,8	10,32	80,81
Itambé	6,2	5,6	6,11	73,00
Água Preta	6,2	5,6	7,69	65,67
L. Itaenga	6,3	5,9	11,95	77,91
Palmares	6,4	6,0	8,82	75,62
Serinhaém	6,4	6,1	9,01	79,80
Chã Grande	6,5	6,1	7,09	88,29
J. Nabuco	6,5	6,0	8,62	78,88
Serinhaém	6,5	6,0	8,97	84,39

Uma análise nos dados apresentados na Tabela 1 revelou que tanto o pH em água, quanto em CaCl_2 0,01M, correlacionaram-se significativamente ($p < 0,001$) com a percentagem de saturação de bases, possibilitando o estabelecimento das respectivas equações de regressão (3) e (4), necessárias ao cálculo de V (Fig. 1 e 2).

$$Y = -112,79 + 29,6714 X \quad (r = 0,969) \quad (3)$$

$$Y = -89,31 + 28,2846 X \quad (r = 0,975) \quad (4)$$

Apesar de a significância dos ajustes destas equações exceder ao nível de 0,1%, o uso efetivo em nossa região do critério de avaliação da exigência de calcário pela saturação de bases depende ainda da resposta das culturas a diferentes doses de CaCO_3 , dos aspectos econômicos dessa prática e de um estudo comparativo com outros critérios.

Por outro lado, a fim de evitar a determinação do $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$, ou mesmo a sua estimativa através do pH-SMP, sugere-se o uso da expressão (5), obtida ao se substituir CTC, em (1), ou $(\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}) / (1 - v_1)$, ou simplesmente S/v_1 .

$$\text{N.C.} = S \left(\frac{v_2}{v_1} \right) - 1 \quad (5)$$

Levando-se em conta a possibilidade de serem usadas as equações (3) ou (4) para obter a saturação de bases atual (V_1) em função do pH, chega-se, finalmente, às fórmulas (6) e (7). Através delas torna-se possível o cálculo da quantidade de calcário necessária para atingir a saturação de bases desejada (V_2 ou v_2), conhecendo-se apenas os atuais valores

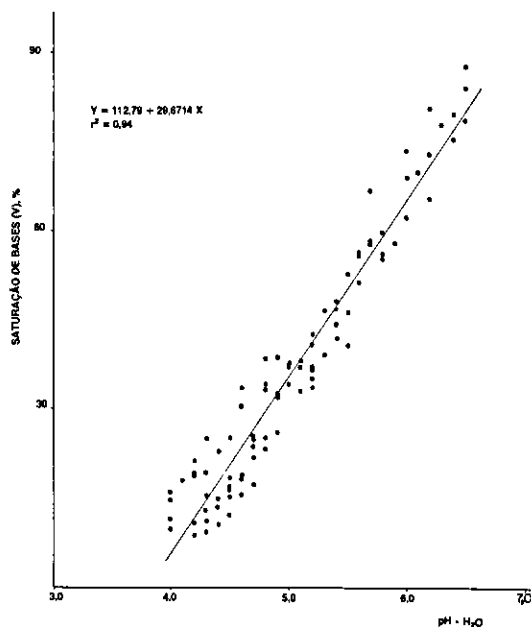


FIG. 1. Relação entre o pH- H_2O e a saturação de bases em solos da Zona da Mata de Pernambuco.

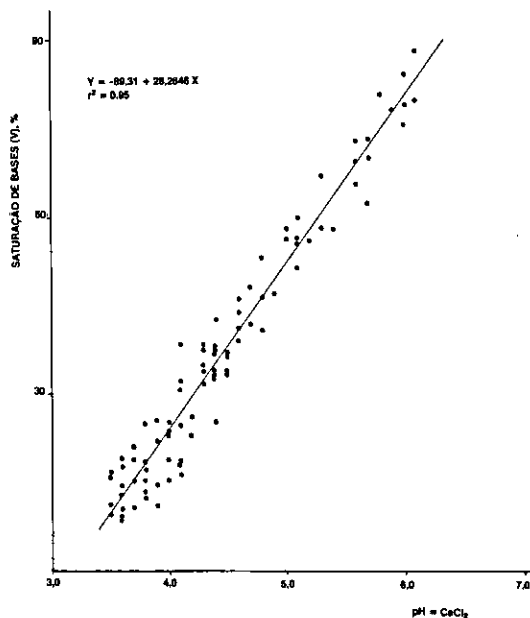


FIG. 2. Relação entre o pH- CaCl_2 0,01M e a saturação de bases em solos da Zona da Mata de Pernambuco.

para o pH - H₂O, ou pH-CaCl₂ 0,01M, e soma de bases.

$$N.C. = S \left(\frac{3,37 V_2}{pH-H_2O - 3,80} - 1 \right) \quad (6)$$

$$N.C. = S \left(\frac{3,54 V_2}{pH-CaCl_2 - 3,16} - 1 \right) \quad (7)$$

CONCLUSÕES

1. É possível calcular a saturação de bases do solo a partir, tanto do pH em água, quanto do pH em CaCl₂ 0,01M.

2. Os valores para a saturação de bases são estimados praticamente com a mesma precisão, quer através do pH em água, quer em CaCl₂ 0,01M.

3. A quantidade de calcário necessária para atingir um dado valor para a saturação de bases pode ser obtida conhecendo-se apenas os atuais valores para o pH, em água ou CaCl₂ 0,01M, e a soma de bases.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela bolsa concedida, e ao pessoal lotado no Laboratório de Fertilidade do Solo, da Empresa IPA, pela colaboração nas análises químicas.

REFERÊNCIAS

- CATANI, R.A. & GALLO, J.R. Avaliação da exigência em calcário, dos solos do estado de São Paulo, mediante correlação entre pH e a percentagem de saturação em bases. *R. Agric.*, Piracicaba, 30:49-60, 1955.
- COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO. *Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 1ª Aproximação*. Recife, EMATER-PE, 1980. 81p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS, Rio de Janeiro. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, 1979.
- ERNANI, P.R. & ALMEIDA, J.A. Comparação de métodos analíticos para avaliar a necessidade de calcário dos solos do estado de Santa Catarina. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 10:143-50, 1986.
- MC LEAN, E.O. Testing soils for pH and lime requirement. In: WALSH, L.M. & BEATON, J.D. ed. *Soil testing and plant analysis*. Madison, American Society Agronomy, 1973. p.78-83.
- QUAGGIO, J.A. Reação do solo e seu controle. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. Piracicaba, 1986. Piracicaba, Fundação Cargill, 1986. p.53-89.
- RAIJ, B. van. *Avaliação de fertilidade do solo*. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato/Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142p.